

中学校における電気教材の検討

——「電気と電流」について——

飯利雄¹，下村忠行²，原 昌³，土田 功⁴

1 はじめに

中学校における電気教材の指導は，小学校での定性的な現象中心の学習の発展として，オームの法則に代表される電流の現象論的な取り扱いを中心にして組み立てられている。加えて，電圧，磁界など高度の概念を形成させ，これらによって説明しうる諸現象を取り扱うことにしている。

また，中学校で初めて取り扱う教材は，摩擦電気，電子，原子の構造など電氣的現象を生ずる本体そのものを扱い，電気の本質にふれるものであるが，その内容は導入的なきわめて簡単なものである。

さらに，科学技術の成果の反映として，真空管，電波とラジオなどの教材なども含まれているが，これら教材全体は，まとまった一つの体系をなしておらず，指導もされていないのが現状であろう。

このため，電気とは何か正体の不明なものとしてとらえられ，現象の本質的な解明は何もなされないため，電気そのものについてのイメージさえもあいまいになり，電気は難解なものであるという印象で終わってしまうのが実状である。

これらのことを解決するためには，電気の基本的なことをはあくし，電気の本質的なイメージをもち諸現象を統一的に理解していくことが大切であり，電気を理解する重要な指導目標といえよう。

本研究は，上記のことにもとづいて，電気教材のうち「電気と電流」を取りあげ，その指導計画を示し，目的を達成するための実験指導を中心に検討を行なったものである。

2 「電気と電流」の指導計画

この指導計画の試案は，電氣的諸現象を「電子など荷電粒子にもとづく現象」としてとらえられるように，全体を統一的におさえて編成したものである。なお，編成に当っては，内容の整理や精選をじゅうぶん考慮し，現在の中学校においても，ただちに実施できるよう配慮した。

この計画に盛り込む具体的なねらいは，次の諸点である。

- 電子（荷電粒子）の概念を形成させる。
- 物質の構造と電氣的諸現象との関連を明確にとらえさせる。
- 静電気と電流の結びつけを明確にさせる。
- 電流が電子（荷電粒子）の移動であることを理解させる。
- 電子（荷電粒子）のふるまいによって，電氣的諸現象を理解させる。

1、2）新潟県立教育センター

3）両津市立理科教育センター

4）見附市立理科教育センター

「電気と電流」指導計画表（試案）

項 目	指 導 内 容	実 験 ・ 観 察 等 の 指 導 過 程
(1) 電気	<ul style="list-style-type: none"> ○ 摩擦による帯電を調べる。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 正電気と負電気 2) 静電気力と電荷間に働く力の関係 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 摩擦で電気が起きることに気づかせる。（実験1） ○ 電気には性質の異なる2種の電気があることに気づき、正電気と負電気であることを知らせる。（実験2） ○ 同種の電気は斥け合い、異種の電気は引き合うことを知り、電荷間に働く力と電荷間の距離の関係を理解する。（実験3）
(2) 原子と帯電	<ul style="list-style-type: none"> ○ 原子は原子核と電子から構成されていることを知る。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 原子核と電子 2) 物質の帯電機構と電子 3) 導体と不導体 ○ 摩擦電気と電池の電気が同じものであることを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 原子の構造に簡単にふれ、電子の存在に気づかせる。 ○ 電子の授受によって物質が正および負に帯電することを理解する。 ○ はく検電機に電気を与えるとはくは開き、なくなると閉ちることを理解する。（実験4） ○ 物質には導体と不導体のあることに気づく。（実験5） ○ 摩擦により起きる電気は、乾電池など日常みられる電気と同じものであることを理解する。（実験6）
(3) 放電と電子	<ul style="list-style-type: none"> ○ 真空放電と陰極線の作用から、電子が負電荷をもった粒子であることを理解する。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 真空放電 2) 羽根車の回転 3) 電荷による影響 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 真空放電の状態を観察し、真空中でも電流が流れることを知る。（実験7） ○ 羽根車入りクルックス管を用い、電子の衝突によって羽根車の回ることから、電子が粒子であることを知る。（実験8） ○ 平行極板入りクルックス管を用い、電子の流れが曲ることから電子が負電荷をもっていることを知る。（実験9）
(4) 金属中の電流	<ul style="list-style-type: none"> ○ 電流は電子の移動であることを理解する。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 電荷の移動 2) 金属の構造と電子 3) 電子の速さと電流 ○ 電流、電圧について調べる。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 電気回路と電流 	<ul style="list-style-type: none"> ○ はく検電器と導線を用いて、電荷が移動することを知る。（実験10） ○ 金属の結晶構造と自由電子について簡単にふれ、その働きを考える。 ○ 鋼鉄球とくぎ打ち斜面を用いたモデルにより、電子の運動と電流の関係を理解する。（実験11） ○ 電流計、電圧計の使い方についての基礎操作を習得する。（実験12）

	<p>2) 電池と電圧</p> <p>○ 電流は電圧に比例することを理解する。</p> <p>1) 電流と電圧の関係</p> <p>2) 電気抵抗</p> <p>3) 抵抗の接続</p>	<p>○ 電気回路を作り，回路の各部分の電流の大きさについて調べる。(実験13)</p> <p>○ 乾電池を直列につないだときと，並列につないだときで，電圧がどう変わるか調べる。(実験14)</p> <p>○ 導体に流れる電流が，その導体に加わっている電圧に比例することを理解する。(実験15)</p> <p>○ 電流と電圧の関係から，電流の流れやすさ，流れにくさを調べ電気抵抗の概念を理解する。(実験16)</p> <p>○ 抵抗を直列や並列に接続したときの電流，電圧，全抵抗を調べる。(実験17)</p>
(5) 電流による発熱	<p>○ 電流による発熱現象を電子の運動によるものとして理解する。</p> <p>1) 電子の運動と発熱</p> <p>2) 発熱量と電流・電圧との関係</p>	<p>○ クルックス管を用い電子の衝突によって発熱することを調べる。(実験18)</p> <p>○ 導線中を移動する電子が衝突によって，原子の熱運動が激しくなり温度が上昇することを理解する。</p> <p>○ 電流による発熱量は 電流×電圧 に比例することを理解する。(実験19)</p> <p>○ 電力と電力量について理解する。</p>

ここでは，溶液中の電流に関する事項，すなわち，イオンや電気分解，電池については取り扱わないが，これらについては，化学教材の中に位置づけて行なうほうが効果的と考えたわけである。

なお，この表の指導過程は，実験・観察を主にその具体的内容を示したが，実際に学習を行なう場合には，実験・観察のほかの多くの指導上の問題があることはいうまでもないことである。これらについては，今後の研究課題である。

また，以下に述べる実験・観察の指導例は，指導計画の大半について具体的に記載したが，一部のものについては削除してある。

3 実験・観察の指導例

(1) 電 気

「電気と電流」を学習する導入的な段階であって，摩擦によって電気が起きることに気づかせ，摩擦したものと，されたものに起きる電気は異種のものであることを吸引反発の現象を通してはあくさせること，さらに，それが正・負の電気であることを知って，電荷間に働く力の関係を素朴な形で気づかせることを，おもなねらいとした。

なお，従来とりあげられていた，摩擦電気の実験では帯電などが弱く効果的に現象を示すことができない点，電気を明確に認識させる点などに，じゅうぶん配慮した。

実験 1 摩擦によって電気が起きることに気づかせる。

〔用意するもの〕

発泡スチロール板 ($12\text{ cm} \times 10\text{ cm}$) , パラガラス板 ($9\text{ cm} \times 9\text{ cm}$) , 小型ネオン管 , ヒューズホルダー , 絶縁棒つきブリキ円板 (図-1)

〔方法〕

1) (図-2) のように , 発泡スチロール板上にパラガラス板をのせて , 接触面をよく摩擦したのち , パラガラス板を摩擦面を上向きにして並べる。

2) 次に , ブリキ円板を両方の板の上に乗せ , ネオン管の両極を (図-3) のように両方のブリキ円板にあてて , ネオン管が光るのを観察する。

◦ 絶縁棒以外の部分には触れないよう注意する。また , ネオン管の片方の電極にふれると , 放電するので注意する。

◦ ネオン管の放電の事実から , 物体を摩擦すると電気が起きることに気づかせる。

◦ この実験を乾電池を用いて豆ランプを点灯することと対比して考え , 発泡スチロールとパラガラスが電池の電極と同じなのではないかと予想できるように導き , 以後の学習に生かす。

◦ 発泡スチロールは何回も摩擦すると表面が黒くよごれる。目の細かいサンドペーパーで静かに表面をみがくとよい。

実験 2 摩擦によって起きる電気には , 性質の異なる

2 種の電気があることに気づき , 正電気 , 負電気であることを知らせる。

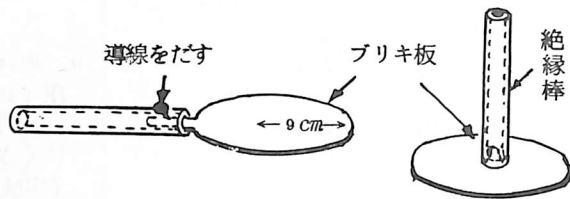
〔用意するもの〕

発泡スチロール棒 ($2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 20\text{ cm}$) , 細いガラス管 (内径 2 mm , 長さ 4 cm 片方を閉じる) , 柄つき針・油ねんど , で作った検電器 (図-4) , 発泡スチロール板 , パラガラス板 , ナイロン布 , エボナイト棒 , 毛皮 , ガラス棒 , 絹布

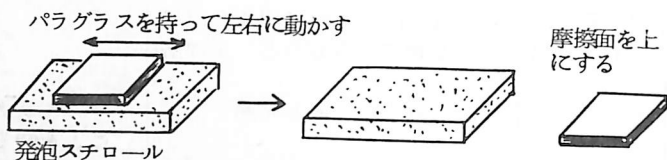
〔方法〕

1) 発泡スチロール棒 (図-4) の赤い印の端をナイロン布で摩擦して帯電させる。

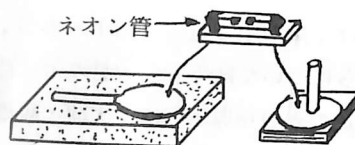
◦ ここでは帯電していることを特にふれなくてもよい。



(図-1)



(図-2)



(図-3)

2) 実験1と同様にパラグラスと発泡スチロールを摩擦して帯電させる。

◦ それぞれに電気が起きていることを明確にとらえさせる。

3) (図-5)のように発泡スチロール板を近づけて、発泡スチロール棒が反発して動く様子と、パラグラス板を近づけて吸引されて動く様子を観察させる。

4) エボナイト棒と毛皮、ガラス棒と絹布を摩擦して、上と同様に実験してみる。

◦ 以上の実験から、異なる物体をまさつしたときには、それぞれ互いに異種の電気が起きること、それが正電気・負電気としてきめることを知らせる。

◦ 身近にあるビニール、紙などを摩擦してためさせるようにするとよい。

実験3 同種の電気はしりぞけ合い、異種の電気は引き合うことに気づかせ、それらの間に働く力

は電氣量が大きいほど、互いの距離が小さいほど大きいことを理解させる。

〔用意するもの〕

実験2で使用のもの

〔方法〕

1) 実験2の1)で発泡スチロール棒はナイロン布で摩擦してから実験したことを思い出させて、それが負に帯電したことから、実験2の吸引・反発の現象が同種の電気はしりぞけ合い、異種の電気は引き合う性質によって起きたものであることを理解する。

2) (図-4)の装置で、あらかじめ発泡スチロール棒を摩擦しておき、それにエボナイト棒を1度摩擦したものと、何回も摩擦したものとを一定の距離に近づけて、発泡スチロール棒の回転のしかたを観察させる。

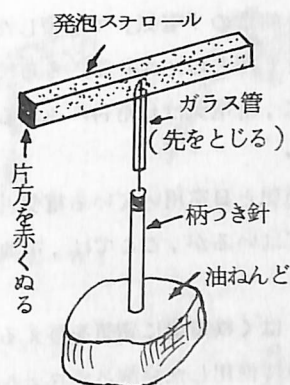
◦ この実験から、何回も摩擦すると帯電する電氣の量が多くなり、反発する力も大きいことを理解させる。

3) 2)と同様にして、毛皮でよく摩擦したエボナイト棒を、距離をかえて近づけ、発泡スチロールの回転の様子を観察させる。

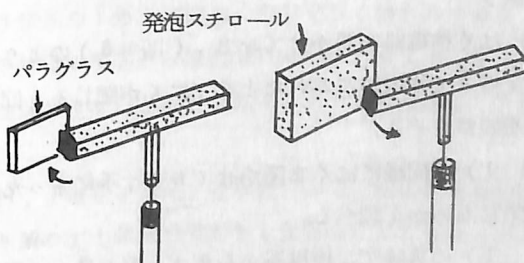
◦ この実験から、2つの帯電体間の距離が近くなると、急に反発する力が大きくなることを理解させる。ここでは、静電氣力が帯電体間の距離の2乗に反比例することは扱わないで、定性的に行なう。

4) ガラス棒を絹布で摩擦するなど、ほかのものでもためさせる。

◦ 実験2との関連をじっくり考えて、どの物体にどの電氣が帯電されているかをはっきりさせて実験を進めるよう注意する。



(図-4)



(図-5)

(2) 原子と帯電

ここでは、前章の「電気」で学習した摩擦による帯電を原子の構造から説明し、静電気の発生を電子のやりとりとしてとらえさせる。さらに、電子の通りやすい物質、通りにくい物質のあることに気づかせるとともに、静電気は日常目にふれる電気と同じものであることの認識を深めさせることをねらいとしている。

なお、静電気と日常用いている電気との結びつけは、前章の実験1においてネオン管の点灯をつかって気づかせてはいるが、ここでは、電池の電気も摩擦電気と同じ性質があるという角度から取り上げることにした。

実験4 はく検電器に電気を与えるとはくが開き、なくなると閉じることを理解させる。

〔注〕 前章で使用した発泡スチロール棒の検電器と関連させながら、その構造と働きを理解させ、今後の学習に生かすために取りあげる。

実験5 物質には導体と不導体のあることに気づく。

〔用意するもの〕

はく検電器、小型ネオン管、導体（銅線・鉄線など）、不導体（エポナイト・ガラスなど）

〔方法〕

1) はく検電器を開かせておき、(図-6)のようにネオン管の片方の電極を持って検電器にふれたとき、はくが閉じると同時にネオン管が光ることを観察させる。



(図-6)

2) 1)と同様にはくを開かせておき、手にもった導体・不導体を検電器にふれたとき、はくが閉じるか閉じないかを調べる。

○ 1)の実験で、検電器からネオン管を通して手のほうに電子が移動（またはその逆）したため、ネオン管が点灯したことを説明し、2)の実験で、はくの閉じるものは導体であり、閉じないものは不導体であることを理解させる。

実験6 摩擦電気と乾電池など日常みられる電気は同じものであることを理解させる。

〔用意するもの〕

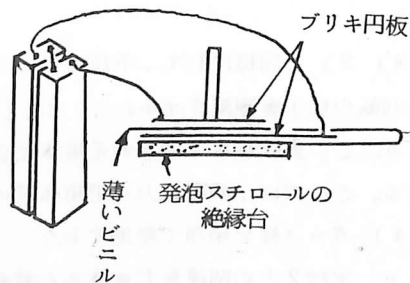
積層乾電池（90V程度のも2個）または、ラジオ用B電源、ビニール袋、小型ネオン管、発泡スチロール、(図-1)と(図-4)の装置

〔方法〕

1) (図-7)のように発泡スチロールの絶縁板上にブリキ円板を重ねておき、その間に薄いビニール袋を敷きブリキ板が短絡しないように装置する。

2) (図-4)の検電器の発泡スチロール棒をナイロン布で摩擦させて帯電させる。

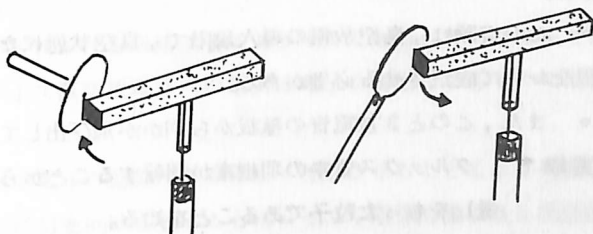
3) 1)のブリキ板に電池の正、負極をそれぞれクリップで接続させる。このとき、できるだけブリキ板の間隔がせま



(図-7)

くなるように絶縁棒を押しつける。

4) 電池をブリキ板から離して、(図-8)のように発泡スチロール棒に近づけたとき、正極を接続させたほうは吸引し、負極を接続させたほうは反発することを観察させる。

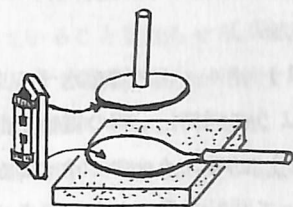


(図-8)

5) (図-9)のようにブリキ円板の間にネオン管を接続したとき、点灯する様子を観察させる。

○ 以上乾電池を使った実験と、前章の実験1～実験3までの、摩擦電気の性質を比較してとらえさせ、それらは同じ性質のものであることを明確に理解させる。

○ ブリキ円板にはさむビニール布は薄いほどよいが、短絡しないようじゅうぶん注意する。また、電池の替りにラジオ用B電源を使用する場合には短絡等のないよう注意が必要である。



(図-9)

(3) 放電と電子

従来から行なわれてきた真空放電の指導は、3学年の「原子の構造」の中で取り扱われており、「電子と真空管」「電波とラジオ」に関連して、真空放電の学習から陰極線に進むことにより、電子と電流をはっきり理解させ、真空管の学習の効果的な理解をさせることと、原子の構造への導入として位置づけられている。

この方法は一応妥当な取り扱いと考えてよいが、「電気と電流」の学習の中で、電流が、電子の流れであることを示したほうが、電気教材の本質的理解の上で効果的であり、重要なことであると考ええる。

そのような意味から、電子の移動のうち真空中の電子の流れ、つまり陰極線を取り上げ、電流を荷電粒子の移動としてとらえ、さらに、電子が負電荷をもった、また、重さ(質量)をもった粒子であることを検証させて、構造的にも思想的にも複雑な次章の「金属中の電流」に進むことにした。

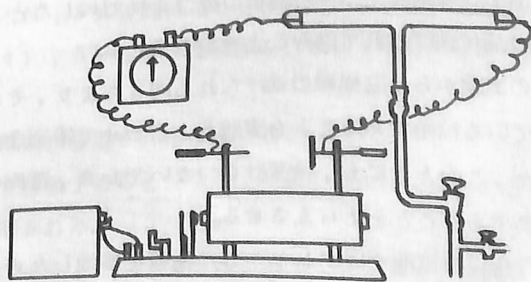
実験7 真空放電を観察し、真空中でも電流が流れることを知る。

[用意するもの]

放電管、真空ポンプ、誘導コイル、電池(6V蓄電池または、容量10Aくらいの電源器)、電流計、検流計、リード線

[方法]

1) (図-10)のように装置し、誘導コイルのスイッチを入れてから、真空ポンプを始動させ管内の放電の状態を観察させる。同時に電流計の針が振れていることを見せる。



(図-10)

2) しばらくして、管内の光が消えてからも、電流計の針が振れていることを確認

させる。

。 この実験は、真空放電の導入段階で、真空状態になっても電流が流れることを知らせることに、主眼をおいて観察させる必要がある。

。 また、このとき放電管の極板から何かが飛び出して、それが電流になっていることを考えさせる。

実験 8 クルックス管中の羽根車が回転することから、極板から飛び出しているものは、重さ（質量）をもった粒子であることを知る。

〔用意するもの〕

羽根車入りクルックス管、実験 8 の真空ポンプ及びゴム管、電流計を除いた装置

〔方法〕

1) クルックス管を水平に支持台で支え、羽根車が自由に回転できるように調節し、管の電極を誘導コイルに接続する。

2) 誘導コイルのスイッチを入れ、羽根車が陰極側から陽極側へ向かって回転することを観察させる。このとき検流計が振れて電流が流れていることを見せる。

。 検流計がふれすぎるときには、並列に分流させるための抵抗を入れて感度をゆるくすればよい。

3) 誘導コイルの極性を反対にして、羽根車が反対方向に回転することを観察させる。

。 この実験から、クルックス管の負電極側から粒子が飛び出していることから、それが負電荷をもっていることを考えさせるとよい。

実験 9 クルックス管中で、陰極線が他の電荷によって曲げられることから、陰極から飛び出しているものは、負電荷をもっていることを知る。

〔用意するもの〕

平行極板入りクルックス管、積層乾電池（90V）または電源装置、電圧計、実験 8 の真空ポンプ及びゴム管、電流計を除いた装置

〔方法〕

1) クルックス管を（図-12）のように接続し、誘導コイルのスイッチを入れ、平行極板に電池をつながないとき、陰極線が直進していることを観察させる。

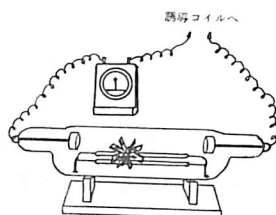
2) 平行極板の両極に電池の両極をつなぎ、陰極線が極板のところで曲げられて進むことを観察させる。

3) 電池をつなぎ変え、平行極板の極性を反対にしたとき、陰極線が反対の側に曲げられて進むことを観察させる。

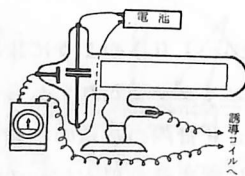
。 この実験から、陰極線の曲げられる向きにより、それが負電荷をもっている粒子であることを実験 8 と合わせて確認させる。

。 また、このときにも、検流計をつないでおき、電流の流れが電子の移動であることをとらえさせる。

。 平行極板の電池をはずし、一方の極板を接地したとき、接地側に陰極線が曲げられることなどを見せても面白い。



（図-11）



（図-12）

(4) 金属中の電流

導線中を電流が流れることについては、小学校における回路学習によってよく知られている事実である。また、本指導計画では前章の「放電と電子」で真空放電管内の電流は電子の移動によるものであることについて扱っている。

ここでは、金属（固体）中を流れる電流を自由電子の運動であるとして理解させることを中心に構造的に示したい。このことは、荷電粒子の運動に目を向けさせることによって、電氣的諸現象を関連的にとらえ、統一性を与えさせることをねらったためである。

まず、導入として、静電気と電流を結びつけさせるため、電荷が移動することを示し、次に、電流を電子の流れとして構造的に理解させるため、モデルにより考察させ、金属中では自由電子が原子に衝突しながら移動するドリフト運動を行っており、平均として等速運動をしていることを知らせる。またそれが、オームの法則を成立させていることを概念的にとらえさせ、結果として電流と電圧が比例することを理解させる。さらに、オームの法則に関係させて、電気抵抗の概念を明確にすることにした。

実験 10 はく検電器と導線を用いて、電荷が移動することを示し、静電気の移動によって電流が流れることを知る。

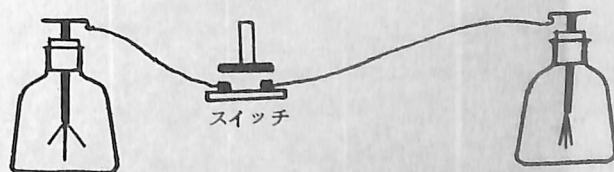
〔用意するもの〕

はく検電器（2個）、発泡スチロール板、パラガラス板、木綿糸、銅線（木綿糸より細いもの）、スイッチ（絶縁の良いもの）、水

〔方法〕

1) はく検電器、銅線、スイッチを（図-12）のように装置する。

2) はく検電器 A を帯電させたのち、スイッチを入れる。スイッチを入れた瞬間にはく検電器 B のはくが開き、A のはくの開きが小さくなることを観察させる。



（図-13）

3) 銅線を木綿糸と取り換え 2) と同様な実験を行なう。B のはくが除々に開き、A のはくはそれに応じて開きが小さくなり、A と B のはくの開きが同じくらいで静止することを観察させる。

4) スwitch を切り、A、B の検電器の電荷の種類を調べ同種の電気であることを知る。

5) B の電荷を逃がして、再びスイッチを入れ、3) と同様なことが起きることを観察する。

6) 木綿糸を水でしめらせてから、3)、4)、5) と同様な実験を行ない、電荷の移動が速く行われることを観察する。

○ 2) の実験では、銅（金属）線中は、電荷の移動が非常に速いこと、3)、4)、5) では木綿糸でも電荷は移動するが、わずかずつゆっくり移動すること、また、電荷の有るほうから無いほうへ流れ、等量になると流れなくなることなどが理解される。

○ 実験全体を通じて、導体、不導体のちがいや、不導体でもわずかずつ電荷の移動が起き電流が流れることなどを知ることができ、電気抵抗の考えかたを導入できる。

実験 11 鋼鉄球と斜面（くぎ打）を用いたモデルにより，電流の概念を理解させる。

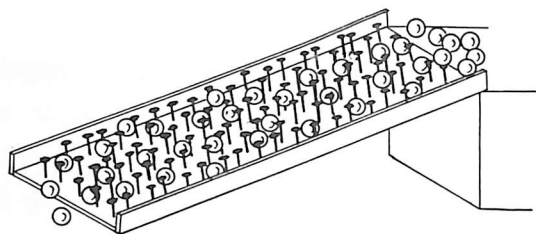
〔用意するもの〕

木板（ $30\text{ cm} \times 100\text{ cm}$ ），くぎ打ち木板
（等間隔にくぎを打つ），鋼鉄球（直径 1 cm
くらい約 30 個）

〔方法〕

1) 木板に傾斜をつけ，鋼鉄球をころがし
て球が加速度運動をすることを観察させる。

2) くぎ打ち木板を用い（図-14）のよ
うに球をころがし，くぎとの衝突で球が等速
的な流れになることを観察させる。

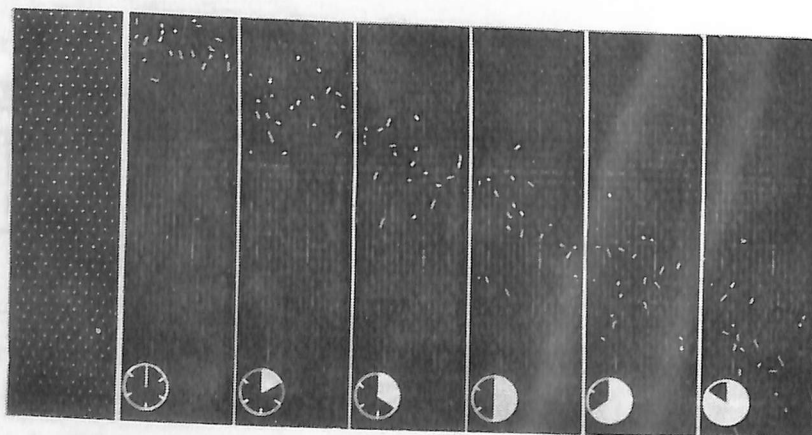


（図-14）

3) 斜面の傾きを増して球をころがし，球の速さは増すが等速的な流れであることを観察させる。

4) （図-15）のような写真を見せ全体的に球の移動が等速であることを確認させる。

。 2) の実験でも 1) のときと同様に，常に球は重力で加速されるが，くぎとの衝突散乱のために球全体として等速で移動することをよく観察させ，このとき，球を電子，くぎを原子に対比させたモデルで思考させ，電流の概念を理解させる。



(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g)
(b)～(g)は，(a)のように規則的にくぎを打ちつけた斜面上で鋼鉄球 20 個を一せいで落下させ，その様子を 0.50 sec ごとに撮影したものである。（鋼鉄球の直径 1.5 mm，斜面のくぎの間隔 2.4 mm，傾斜角 45° ）
各球はくぎによつたりながら，不規則に速さが変化するが，紙面を組んでみればよくわかるように，鋼鉄球全体の集団としての速さ（ドリフト速度）は一定である。

（図-15）

実験 12 電流計，電圧計について，その使用法の基礎操作を習得させる。

注） 実際の器具を用い，使用例に即して，具体的な説明や指導を行ない，以後の電気実験の際に効果的に行なえるようにさせる。

実験 13 電気回路の各部分の電流の大きさについて調べる。

注) 小学校での回路学習の経験を生かし、回路の基本的な性質を実験を通して理解させるようにする。

実験 14 電池を直列につないだときと、並列につないだときで、電圧がどう変るか調べる。

注) 電池のつなぎかたと電圧の測定を行なって、電圧の働きをとらえさせるようにする。電圧の概念については、あまりつまこんだ説明や指導は行なわないようにする。また、電池の内部抵抗にはふれないようにする。

実験 15 導線を通る電流は、導線の両端に加わっている電圧に比例していることを理解させる。

〔用意するもの〕

乾電池(単1, 6ケ), 電池ホルダー, 直流電流計, 直流電圧計, 抵抗線(ニクロム線 $50 \sim 100 \Omega$), リード線, わに口クリップ

〔方法〕

1) (図-16)のように配線し、回路のa点をつないだとき、電流と電圧が0であることを確かめさせる。

。このことは、電流が流れていないときには、電圧が加わっていないときであることを、確認させる意味があるので必ず行なうようにする。

2) 回路中の電池のb点をつないだときの電流の値と電圧の値を求め記録させる。

3) 同様に、c点～g点をつないだとき、それぞれについて電流と電圧の値を求め記録させる。

4) 記録した電流をたて軸、電圧を横軸にとりグラフを描かせ、電流と電圧が比例していることを調べさせる。

5) 記録した電流と電圧の値について、(電流/電圧), (電圧/電流)を計算させ比例の割合を求めさせ実験式の比例定数の意味を考えさせる。

。この実験では、オームの法則即ち「電流は電圧に比例する」ことを検証し理解させることと同時に電気抵抗を学習する導入として、電流と電圧の比を一応求めさせることにしている。

。電池を用いた実験なので、内部抵抗の影響をじゅうぶん考慮することと、電流計、電圧計の抵抗を考えて、導線の抵抗をきめる必要がある。また、それぞれの内部抵抗にはふれないようにする。

実験 16 いくつかの導線に流れる電流と、そこに加わっている電圧を調べ、導線には電流の流れやすいものや、流れにくいものがあることを知り、電気抵抗の概念を理解させる。

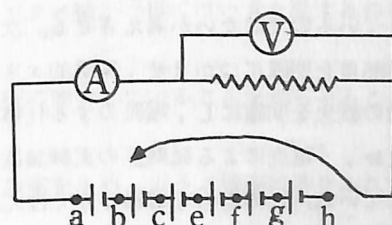
〔用意するもの〕

抵抗線(50Ω , 100Ω , 150Ω , 200Ω 各1本), 実験15の装置

〔方法〕

1) (図-16)のように配線し、電池のe点(4個つないだ状態)をつないだとき、流れる電流と電圧を求め記録させる。

2) 導線の種類を変え、それぞれについて1)を行ない電流と電圧を求めさせる。



(図-16)

3) 記録した電流の値と電圧の値から(電流/電圧)，(電圧/電流)を計算させ、電流の流れやすさ、電流の流れにくさを考えさせ、電気抵抗の概念と定義を理解させる。

○ この実験では、電気抵抗の概念を形成させることがねらいである。電流の流れやすさと流れにくさを対比させて明確にとらえさせるようにした。

実験 17 抵抗を直列や並列に接続したときの電流、電圧、全抵抗を調べる。

注)ここでは、オームの法則の運用方法をじゅうぶんに身につけさせることを中心にして扱おうようにする。また、抵抗の形状によるちがいにも関連させて扱う。

(5) 電流による発熱

「電気と電流」の最後の章として、電氣的現象の中の一つである「電流による発熱」の現象を、電子のふるまいとして構造的にとらえさせることから始め、エネルギーとの関連を考えさせながら「電流による発熱」を理解させることをねらったものである。

まず、電子の衝突によって発熱することを真空放電によって検証し、金属中においても同様なことが起きているのではないかと考えさせる。次に、電流による発熱の実験を行ない、測定値の取り扱いによって発熱量を明確につかませ、電氣的エネルギーが熱的エネルギーに変わることをとらえさせる。さらに電力の概念を明確にし、電流のする仕事と熱量との当量関係を理解させることにした。

なお、「電流による発熱」の実験装置は、一般には水熱量計を用い、それにより発熱体の発熱量を測定している。この場合、容器、かくはん棒などからの放熱が大きな要素になり、効果的な実験が行えないことがある。それでこれらのことを解決するために次のような装置を試作しそれを用いることにした。

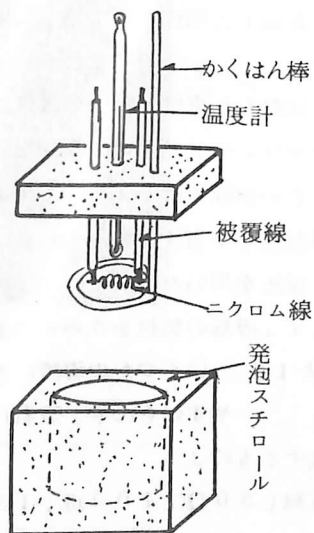
装置は(図-17)のとおりである。発泡スチロールの一边20cmの立方体のブロックを用意し、その一部分を4cmの厚さで切りとって、ふたにする。

もう一つの部分には、かんずめなどのあきかんの中に炭火を入れて乗せ、熱して発泡スチロールを溶かし穴をあける。このようにすれば、短時間で製作でき、また、かんの大きさによって穴の大きさも自由に作ることができる。ただし、熱しすぎると、穴が希望する大きさよりも大きくなるので注意する。

次に、水漏れを防ぐために内部にワセリンを塗る。ふたの部分には、発熱体の抵抗線、温度計、かくはん棒(プラスチック製)をとおす。

なお、この装置の保温状態を調べるため、容量400cm³の容器を用い、気温8℃のとき22℃の水300cm³を入れて、水温の変化を調べたところ、7分間までは全く変化なく、15分後において0.2℃低下しただけである。

ふつり、電流による発熱実験では、要する時間は、5分間くらいであるから、この範囲内では保温状態は完全に近いものと考えられる。



(図-17)

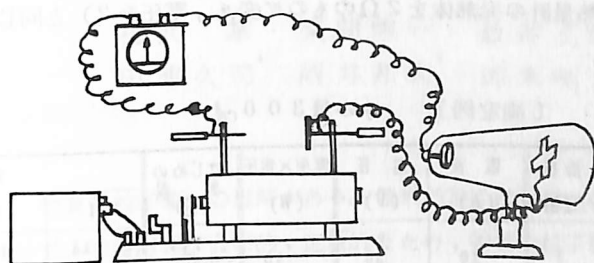
実験 18 クルックス管を用い電子の衝突によって、発熱することを知る。

〔用意するもの〕

十字板入りクルックス管、誘導コイル、電池（6 V 蓄電池または容量 10 A くらいの電源器）、検流計、リード線

〔方法〕

1) (図-18) のように装置し十字板を誘導コイルの陽極に、反対側を陰極にして、十字板を立てて放電させ、十字板背面のガラス壁に、十字形の影ができるのを観察させる。



(図-18)

2) 十字板をたおし放電をさせたときには、影がなくなり、ガラス壁が一様にけい光を発するのを観察する。

。この実験では、陰極線（電子）が直進しており、ガラス壁に衝突していることを知らせることがねらいである。

3) 2) と同様にして、30 秒から 1 分くらい放電させた後放電を止め、ガラス壁面に手をふれて、ガラス壁面があたたかくなっていることを知る。

。この実験を通して、電子の衝突によって、電子のもつ電気的エネルギーが熱エネルギーに変換したことを概念的にとらえさせることである。しかし、このときけい光を伴うので、そのことにはふれないよう指導のさい注意する。

。また、この実験は、「電流による発熱」について、金属中を流れる電流を、電子が原子に衝突して起きることとして構造的に理解させる、導入として行なうのであるので、あまりくわしい説明・指導はさけるようにする。

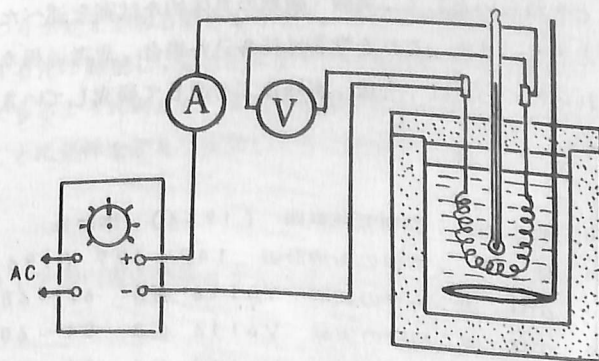
実験 19 電流による発熱量は 電流×電圧に比例していることを理解させる。

〔用意するもの〕

熱量計（前記のもの）、発熱体（ニクロム線 1 Ω、2 Ω のもの）、直流電流計、直流電圧計、電源装置（電流容量 5 A 以上のもの）、時計（ストップウォッチ、または秒針つき時計）、リード線、水、メスシリンダー

〔方法〕

1) (図-19) のように配線し、熱量計の発熱体を 1 Ω にして、300 cm³ の水を入れよくかくはんする。



(図-19)

2) スイッチを入れ電流を 3 A にして電流

を流し、水をよくかきまぜながら1分ごとに5分間水温を測り記録させる。また、このときの電圧も記録させる。

3) 次に、電流を6 Aにして、1), 2)と同様にして水温の変化を記録させる。

4) 熱量計の発熱体を2 Ω のものに変え、電圧を2)と同じにして、2)と同様に水温の変化を記録させる。

〔測定例〕 水の量300 cm^3

測定	抵抗 (Ω)	電流 (A)	電圧 (V)	電流×電圧 (W)	はじめの 水の温 ($^{\circ}\text{C}$)	時 間 (分)					発熱量 (cal)
						1	2	3	4	5	
1	1	3.0	3.0	9.0	14.4	14.8	15.3	15.7	16.1	16.5	630
					上昇分	0.4	0.9	1.3	1.7	2.1	
2	1	6.0	6.1	36.6	12.4	14.0	15.6	17.3	18.9	20.6	2460
					上昇分	1.6	3.2	4.9	6.5	8.2	
3	2	3.1	6.1	18.9	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	1350
					上昇分	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	

5) それぞれの場合について、水が得た熱量を求めさせ、発熱量が、① 電圧が同じで電流がちがうとき、② 電流が同じで電圧がちがうとき、③ 電圧×電流 の値について比べさせる。

○ この実験では、電流による発熱量が 電圧×電流 に比例することを理解させ、電力概念を導入する伏線として指導を行なう必要がある。

○ 小学校6年では、銅線、ニクロム線などを直列につなぎ、電流を流して抵抗の大きいものが発熱量が多いことを経験している。このため、電流×電圧 によって発熱量がきまることについて、条件統制をよく考えた指導を行なうことが大切である。

○ 電流の発熱量を測定して、0.24の係数を求めさせたい場合は、測定をさらに行なって、グラフによって処理させて求めるようにすればよい。

4 おわりに

以上、電子など荷電粒子とそれにもとづく現象として、電磁気的現象を統一的におさえて指導することをねらいとして、実験・観察の具体的な試案を述べたが、部分的に修正すべきところも多くあるものと思う。また、これを学習に持ち込む場合、思考過程なども含めて検討すべき問題も残されている。これらについては、今後、実践などを通して研究していきたい。

文 献

- 池本義夫：物理実験事典 (1964) 講談社
- 林 淳一：物理の指導計画 149～199 (1962) 国土社
- 小林 実：科学の実験 V.116 No.4 67～68 (1965)
- 小林 実：科学の実験 V.116 No.8 54～60 (1965)
- 佐藤喜正：理科の教育 V.112 No.3 11～14 (1963)